



**UFU - Universidade Federal de Uberlândia**  
**Física Licenciatura - INFIS**

**HUGO FREITAS FERNANDES**

**Construção de um artefato para o museu:  
Brincando no “Poço Infinito”**

**UBERLÂNDIA-MG**

**2018**

**HUGO FREITAS FERNANDES**

**Construção de um artefato para o museu:  
Brincando no “Poço Infinito”**

Trabalho de conclusão de curso apresentado  
ao curso de Física Licenciatura da  
Universidade Federal de Uberlândia, como  
requisito parcial para conclusão do curso.

Orientador(a): Silvia Martins dos Santos

**UBERLÂNDIA-MG**

**2018**

**HUGO FREITAS FERNANDES**

**Construção de um artefato para o museu:  
Brincando no “Poço Infinito”**

Trabalho de Conclusão de Curso enviado  
para aprovação para o curso de graduação  
de Física Licenciatura da Universidade  
Federal de Uberlândia.

Uberlândia, 28 de maio de 2018.

Banca examinadora:

---

Silvia Martins dos Santos – INFIS/UFU

---

Ademir Cavalheiro – INFIS/UFU

---

Eduardo Koji Takahashi – INFIS/UFU

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Uberlândia, quero deixar uma palavra de gratidão por ter me recebido de braços abertos e com todas as condições que me proporcionaram anos de aprendizagem preciosos.

A minha orientadora, professora Silvia Martins dos Santos, pelo suporte no tempo que lhe coube, pelas correções e incentivos.

Aos professores reconheço um esforço gigante com muita paciência e sabedoria. Foram eles que me deram recursos e ferramentas para evoluir um pouco mais todos os dias. Principalmente aos professores Ademir Cavalheiro, meu coordenador de PIBID e um grande conselheiro e Eduardo K. Takahashi, por serem exemplos como professores, mas em especial por terem aceitado participar da minha banca examinadora.

Aos amigos que fiz durante todo esse tempo e principalmente aos que permaneceram em minha vida, acrescentando em opiniões e perspectiva que não teria em nenhum outro lugar.

Aos meus pais e irmãos, que me incentivaram (cada um à sua maneira) todos os anos em que estive na faculdade.

A Martinha, que surgiu em minha vida em meio a esse processo e se tornou uma pessoa importante.

Enfim, a todas as pessoas que fizeram parte dessa etapa decisiva de minha vida.

## RESUMO

O estudo da óptica geométrica em sala de aula quase sempre se resume a esquemas matemáticos e eventualmente o uso de alguns objetos simples como espelhos para ilustrar as aulas sobre reflexão da luz. Assim, os alunos têm pouco contato com efeitos ópticos mais complexos, mas que fazem parte da vida em uma sociedade tecnológica. No mundo em que vivemos hoje necessitamos de maneiras para fazer com que as pessoas tenham interesse na busca de conhecimento. Os museus têm uma função importante no auxílio da divulgação, aquisição, exposição e conservação do saber, assumindo um importante papel. Pensando nisso, este trabalho teve o intuito de criar um artefato, o Poço Infinito, para traduzir a óptica geométrica para uma linguagem mais divertida e informal. A confecção do artefato teve como objetivo auxiliar a divulgação científica, mais especificamente a óptica geométrica de uma forma menos burocrática. Para isso, o brinquedo foi feito com o intuito de se tornar parte do acervo de experimentos de física do Museu DICA. A primeira oportunidade de exposição do “Poço Infinito” ocorreu no evento “5º Brincando Aprendendo”. Posteriormente, o objeto passou por uma reforma e foi novamente exposto, desta vez já encaminhado para seu propósito final, junto com equipamentos da Exposição itinerante do Museu DICA no evento “SBCP vai à Escola”, após o evento foi feita uma entrevista com os monitores do museu, sobre aspectos positivos e negativos do Poço Infinito. Pudemos identificar que o Poço Infinito se tornou um objeto que atrai a atenção e curiosidade do público, por realizar um efeito dado como usual, mas que provoca o interesse agregando positivamente os objetivos da Exposição itinerante do Museu DICA.

**Palavras-chave:** Poço infinito, ensino de física, museus de ciências.

## ABSTRACT

The study of geometrical optics in the classroom almost always comes down to mathematical schemes and eventually the use of some simple objects as mirrors to illustrate lessons about light reflection. Thus, students have little contact with more complex optical effects, but they are part of life in a technological society. In the world we live in today we need ways to make people interested in the pursuit of knowledge. Museums play an important role in helping to disseminate, acquire, display and conserve knowledge, and play an important role thinking about it, this work had the intention of creating an artifact, the Infinite Well, to translate geometric optics into a more fun and informal language. The making of the artifact had as its objective to help the scientific dissemination, more specifically the geometric optics in a less bureaucratic way. For this, the toy was made with the intention of becoming part of the collection of physics experiments of the DICA Museum. The first opportunity to exhibit the "Infinito Poço" took place in the event "5 ° Brincando Aprendendo". Subsequently, the object underwent a renovation and was again exposed, this time already addressed for its final purpose, along with equipment of the itinerant Exhibition of the DICA Museum in the event "SBCEP goes to School", after the event was made an interview with the monitors of the museum, about the positive and negative aspects of the Infinite Well. We have been able to identify that the Infinite Well has become an object that attracts the attention and curiosity of the public, for having a given effect as usual, but which provokes interest by positively adding the objectives of the itinerant Exhibition of the DICA Museum.

**Keywords:** Infinite Pool, physics teaching, Science museums.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Poço Infinito, Centro de Divulgação Científica e Cultura (CDCC)...	3
Figura 2 - Esquema de funcionamento do Poço Infinito.....	3
Figura 3 - Fotos do Museu DICA .....	13
Figura 4 - Cartaz do Brincando e Aprendendo de 2015. ....	14
Figura 5 - Espelho da antiguidade .....	17
Figura 6 - Espelho veneziano .....	18
Figura 7 - Esquema simulando o choque entre uma bola e uma superfície plana. ....	19
Figura 8 - Esquema representando a reflexão de um raio de luz.....	19
Figura 9 - Esquema ilustrando a visualização de um objeto com sua imagem refletida por um espelho plano.....	20
Figura 10 - Um feixe de luz viajando através do ar incide em um objeto de vidro transparente e depois retorna ao ar. A diferença na velocidade de propagação da luz no ar e no vidro causa um desvio na trajetória do feixe.....	21
Figura 11 - Em um episódio da comédia "Mr. Bean", o personagem se vê de frente a um vidro semi-refletor de uma sala de interrogatório, sem perceber que do outro lado do vidro existem pessoas o observando. ..	22
Figura 12 - Esquema de construção do Poço Infinito .....	23
Figura 13 - O Poço Infinito finalizado. ....	24
Figura 14 - Disposição dos estandes para o Brincando e Aprendendo de 2015.....	25
Figura 15 - O forro de tecido improvisado sobre o Poço Infinito.....	27
Figura 16 - A montagem final do estande na atividade para o Brincando e Aprendendo.....	27
Figura 17 - Gráfico de resultados para a pergunta "Quais os conceitos abaixo se relacionam ao objeto exposto?". ....	28
Figura 18 - Gráfico relacionado à questão "O efeito físico foi uma novidade?" .....	29
Figura 19 - Preparação para o corte do tubo de metal com o intuito de diminuir a altura total do Poço Infinito. ....	32
Figura 20 - O anel de madeira do Poço Infinito onde foi fixada a fita de LEDs para iluminação. ....	33
Figura 21 - O equipamento em funcionamento ainda sem o vidro semi-reflexivo da cobertura. ....	33
Figura 22 - O conjunto óptico em funcionamento.....	34
Figura 23 - Produto depois da realização de todas as alterações. ....	34
Figura 24 - Quadro informativo sobre o Poço Infinito ainda com o nome provisório. ....	36

## Sumário

1 Introdução .....	1
2 Museus de Ciência.....	5
2.1 Aspectos históricos do surgimento dos Museus de Ciências.....	5
2.2 Educação em Museus de Ciências.....	6
2.3 O objeto museal do Museu de Ciências.....	9
3 O Museu DICA – Diversão com Ciência e Arte .....	12
4 Poço Infinito: conteúdo e proposta de construção.....	16
4.1 A física no Poço Infinito.....	16
4.2 A Construção do Artefato .....	22
5 Brincando e Aprendendo 2015.....	25
5.1 A apresentação no Brincando e Aprendendo .....	25
5.2 Aprendendo com a Prática: a adequação do artefato .....	30
6 SBPC vai à Escola 2017: De volta ao público .....	35
7 Considerações Finais .....	38
8 Referências Bibliográficas .....	40



# 1 Introdução

Museus têm a capacidade de encantar o visitante. Os museus de ciências, em particular, conseguem atrair o público de forma diferenciada: estimulando os visitantes a descobrirem fenômenos distintos através de uma amálgama de sensações, com experimentos inovadores e didáticos que despertam ainda mais o interesse na busca pelo conhecimento (Marandino, 2001).

No decorrer do curso de graduação em Física, temos a possibilidade de realizar visitas técnicas a museus de ciência como parte do programa de algumas disciplinas. Em uma delas, foi organizada uma visita a alguns museus e centros de ciências no estado de São Paulo: O Centro de Divulgação Científica e Cultural (CDCC) de São Carlos, o Catavento Cultural e o Parque CienTec na capital paulista. Destes três, o Museu Catavento Cultural e o “CDCC” foram os dois locais que despertaram meu interesse e paixão.

O “Catavento”, como é mais conhecido, é um espaço de divulgação científica dividido em eixos temáticos: “Universo”, “Vida”, “Engenho” e “Sociedade”. A divisão é feita com o intuito de aumentar a curiosidade dos visitantes transmitindo conhecimentos básicos e valores sociais em áreas específicas. Trata-se de um espaço interativo, visualmente atraente e que apresenta e divulga ciência, cultura e tecnologia.

O “CDCC” é um centro de ciências vinculado à Universidade de São Paulo na cidade de São Carlos. Ele promove e orienta atividades que estabelecem uma maior facilidade de acesso da população à ciência. As visitas podem ser realizadas em cinco espaços distintos: “Jardim da Percepção”, “Jardim do Céu na Terra”, “Espaço Vivo de Biologia”, o “Espaço de Física” e o observatório astronômico do centro.

Visitando estes dois espaços, me encantei pelas atividades e pelos artefatos que foram construídos para abordar conceitos científicos por meio da interatividade e da diversão. Interagir com estes experimentos despertou em mim o desejo de construir um objeto que pudesse fazer parte do arquivo do Museu Diversão com

Ciência e Arte (Museu DICA), vinculado ao Instituto de Física da Universidade Federal de Uberlândia, onde estou me graduando.

Durante a visita ao CDCC, tive contato com um modelo do que chamamos de “Poço Infinito”. Tratava-se de um jogo de espelhos e semi-espelhos associados a uma fita de LEDs que dava a sensação de que o visitante olhava para um poço muito profundo. O aparelho me chamou a atenção pela simplicidade da montagem e a beleza do fenômeno observado. Causava uma sensação de vertigem, mesmo sabendo de que não se tratava de um poço real. Surgiu então a ideia de criar um aparelho similar como parte do acervo do Museu DICA e como forma de contribuir para o acervo do museu. Além disso, haviam poucos experimentos de óptica no DICA, o que deixava o poço infinito ainda mais interessante para aquele espaço.

Minha ideia foi, então, criar o equipamento usando princípios de óptica baseados em superfícies espelhadas, para auxiliar o processo de ensino e aprendizagem deste ramo da física, abordando as mesmas ideias de alguns artefatos que pude utilizar durante as visitas aos museus e centros de ciências citados. A intenção era de que o Poço pudesse ser utilizado como parte de uma exposição, além de ser um recurso didático que possibilitasse uma melhora na aquisição do conhecimento da óptica pelos visitantes do museu DICA. Concluí então que um experimento como este seria o ideal para minha proposta, pois ele tem o poder de encantar o público com alguns efeitos de reflexão corriqueiros, mas que em associação, como ocorrem no artefato, dão um efeito curioso e que deixa o visitante “com a pulga atrás da orelha” por se parecer tanto com mágica.

Na figura 1, podemos ver o “Poço Infinito” do CDCC. Trata-se de uma montagem com um espelho e uma superfície semi-reflexiva, recheados por uma fita de LEDs que quando acesa, tem sua luz refletida sucessivas vezes dando ao visitante a sensação de profundidade. Na figura 2, podemos ver um esquema de como este aparelho funciona.

Figura 1 - Poço Infinito, Centro de Divulgação Científica e Cultura (CDCC)

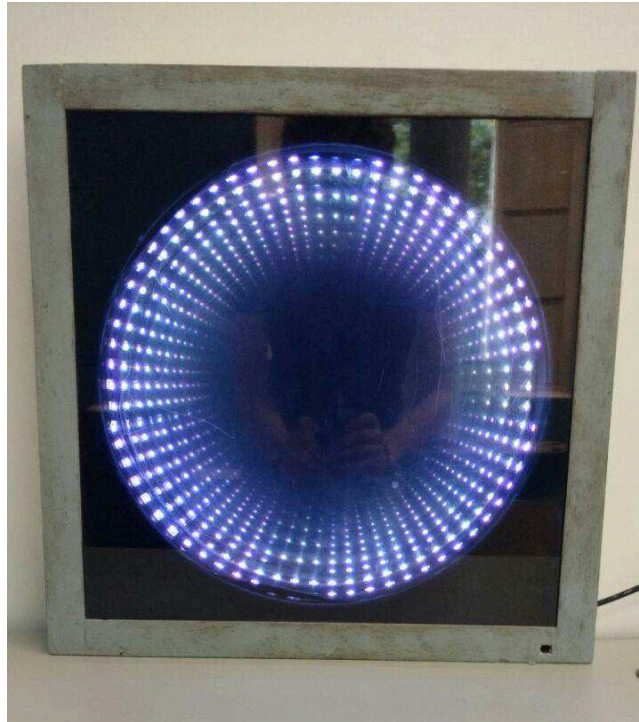
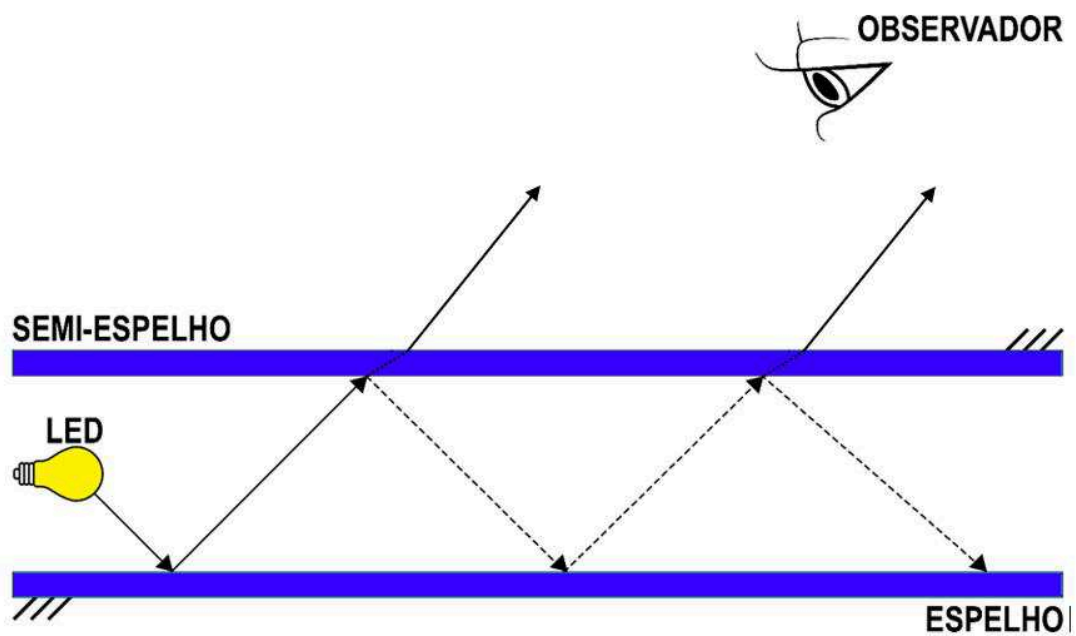


Figura 2 - Esquema de funcionamento do Poço Infinito



Na figura 2, podemos ver que a fonte de luz do poço infinito fica localizada entre uma superfície semi-refletora e um espelho. Assim, o espelho reflete toda luz que incide sobre ele e a luz incidida no semi-espelho é parcialmente refletida (assim como no espelho), mas permite que a outra parte passe pela superfície (como um vidro transparente). Como as duas superfícies estão dispostas paralelamente uma à outra, esse efeito pode se repetir, causando uma sensação de profundidade.

Deste modo, este trabalho tem o intuito de construir e avaliar o modelo do Poço Infinito no contexto das exposições itinerantes do Museu Dica, de modo que a fabricação e a inserção do Poço Infinito no rol de experimentos do Dica poderão servir como base para a introdução de novos experimentos didáticos no acervo do museu de forma mais prática e satisfatória no futuro.

## **2 Museus de Ciência**

### **2.1 Aspectos históricos do surgimento dos Museus de Ciências**

O ser humano tem uma curiosidade inerente, uma necessidade de denominar e explicar qualquer fenômeno ou fato que ocorra. Sendo assim, existe o objetivo de ter os museus de ciências como espaço para desenvolvimento e divulgação do conhecimento. Segundo Valente, Cazelli e Alves (2005), nos últimos séculos os museus de ciências migraram de espaços de armazenamento de objetos para espaços de desenvolvimento científico, devido à uma mudança de perspectiva na atenção dada aos objetos e ao público.

A criação dos museus de ciências está ligada à exploração do mundo natural através das expedições e das colonizações europeias ao novo mundo. Este início da história dos museus de ciências faz parte das três fases destes espaços descritas por Allard, Boucher e Forest (1994). A primeira etapa se dá no momento em que instituições de ensino passam a inserir os museus de ciências em seu acervo como forma de dinamizar o ensino. De acordo com Marandino (2008), foi com a abertura do Ashmolean Museum na Universidade de Oxford em 1698 que a primeira etapa da história dos museus de ciências teve início. Foi a partir daí que a ideia de doar do acervo pessoal para os museus de ciências passou a se tornar popular entre os colecionadores europeus. Esse modelo perdurou até o século XVIII, onde teve início a segunda etapa dessa história.

Nesta fase, houve uma abertura dos museus de ciências para um público misto, formado tanto por estudantes e professores quanto por pessoas menos instruídas, ou seja, os museus de ciências deixaram de ser ambientes restritos à elite intelectual para se tornarem espaços mais democráticos de exibição. Marandino (2008) chama este período de “era de ouro dos museus de ciências”, quando estes passam a exercer um papel de maior relevância social.

Foi nesta segunda etapa que surgiram os primeiros museus de ciências no Brasil. Os primeiros museus de ciências do país tinham caráter estritamente científico, com função análoga à dos grandes museus europeus. O Museu Nacional do Rio de Janeiro, criado em 1818, foi o primeiro espaço brasileiro dedicado à

história natural, como salientam Valente, Cazelli e Alves (2005). Vale lembrar que, diferente do que vinha acontecendo com os museus de ciências europeus, o Museu Nacional foi criado numa sociedade ainda bastante elitizada e era bastante restrito ao público menos letrado.

Marandino (2008) lembra ainda que foi durante a segunda etapa que surgiram na Europa os primeiros serviços educativos em museus de ciências e história natural, para sanar uma moda crescente de utilizar os museus de ciências como espaços de complemento às atividades didáticas realizadas na escola. No entanto, sem profissionais especializados em educação atuando nesses espaços, ficava a cargo dos curadores, na maioria das vezes, a realização das visitas guiadas, o que gerava alguma dificuldade na transmissão do conhecimento acumulado naquele local.

Allard e Boucher (1994) concluem que a terceira etapa ocorreu durante o século XX. Com a diversificação do público visitante, os museus de ciências passaram a se preocupar cada vez mais em divulgar a ciência de uma forma mais abrangente e menos burocrática. Foi nesse período que se iniciaram as pesquisas com o público com o intuito de lapidar os processos de divulgação científica nos museus e centros de ciência.

No Brasil, foi a partir de 1950 que a terceira etapa da história dos museus de ciências ficou mais evidentes. Espaços como o Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura (IBECC) e os Centros de Ensino e Ciência (CECIs), estes últimos espalhados por diversos estados do país, foram pioneiros em técnicas de divulgação científica que aliavam os museus às escolas de forma mais organizada didaticamente (VALENTE, CAZELLI e ALVES, 2005). A partir daí, e no decorrer do restante do século XX, os museus de ciências passaram a adotar práticas didáticas cada vez mais completas e integrar seu acervo à rede de ensino, além de se tornarem espaços de encantamento diversão para o público em geral.

## **2.2 Educação em Museus de Ciências**

Apesar de todo avanço na forma como os museus de ciências trabalham a divulgação científica, persiste uma ideia de que estes são locais de armazenamento

e exposição de objetos antigos. Por outro lado, como salienta Marandino (2005), consideramos os museus de ciências como espaços educacionais onde as experiências extrapolam a mera diversão do público. Estão inseridos ali, modelos de educação formal e não-formal, que de acordo com Marandino (2008, p. 13 apud SMITH 2001) são:

“Educação não-formal é qualquer atividade organizada fora do sistema formal de educação, operando separadamente ou como parte de uma atividade mais ampla, que pretende servir a clientes previamente identificados como aprendizes e que possui objetivos de aprendizagem.”

“A educação formal é um sistema de educação hierarquicamente estruturado e cronologicamente graduado, da escola primária à universidade, incluindo os estudos acadêmicos e as variedades de programas especializados e de instituições de treinamento técnico e profissional.”

Pela definição de Smith, podemos tratar a educação formal como aquela em que se busca uma certificação, ou um diploma de conclusão, dada por uma instituição acadêmica, seguindo currículos e tempos padronizados, onde a transposição do conhecimento se dá de forma vertical de um especialista para o público. Já a educação não formal começa quando o público procura o conhecimento por vontade própria, levado principalmente pela sua própria curiosidade.

Como uma tentativa de auxiliar na forma de ensinar, o educador vem utilizando os museus de ciências como espaços não-formais para complementar o conhecimento que é aprendido de forma formal. A importância do educador pode ser definida como aquele que vai promover o aprendizado, transformar as informações por parte daqueles que se tornam mediadores no museu. No entanto, existem certas divergências entre o encaixe dos museus de ciências nos modelos de educação citados acima.

Alguns autores classificam os espaços de ciência como locais de educação não-formal. Outros, os denominam como espaços de educação informal. Essa caracterização e diferenciação não se constitui de forma clara e simples e não é consensual. Para Smith (2001), a educação informal é um

“...verdadeiro processo realizado ao longo da vida em que cada indivíduo adquire atitudes, valores, procedimentos e conhecimentos da experiência cotidiana e das influências educativas de seu meio – na família, no trabalho, no lazer e nas diversas mídias de massa.”

A caracterização e a diferenciação dos espaços de educação não-formal não se constituem em uma tarefa simples. Apesar de se reconhecer as especificidades educativas que os museus de ciências possuem, muitas vezes, os termos formal, não-formal não são utilizados de modo correto: o que é considerado por alguns como educação não-formal, outros denominam de informal, isso faz com que suas definições estejam ainda longe de serem consensuais. Vemos que pela definição de Smith, os museus de ciências podem ser classificados como espaços não-formais de educação, por funcionarem com parte de um sistema educacional mais amplo atuando de forma paralela ao ensino formal e tendo como característica marcante o fato de que o visitante procura os museus de ciências de forma espontânea. No entanto, a definição de educação informal também engloba os museus de ciências, pois estes são, além de locais de aprendizado, espaços de lazer.

Dierking (2005) trata os museus de ciências como espaços do que ele denomina “free-choice learning” (aprendizagem por livre-escolha): é uma modalidade de aprendizado que ocorre fora da escola em espaços onde o indivíduo que procura a informação é livre para fazê-la sem as imposições da educação formal. Nesse modelo, os museus e centros de ciências estão lado a lado com outros locais e meios, a internet e os meios de comunicação.

Muitos veem os museus de ciências, lugares para divertir, investigar, brincar, aprender, observar, interagir, pesquisar, entre outros. Devemos nos atentar em como utilizar este ambiente para uma melhor compreensão da comunidade visitante ou outro objetivo que se deseja. De acordo com Marandino (2008), o tempo do visitante nos museus de ciências é restrito. Ele passa ali apenas alguns minutos ou horas essenciais para o funcionamento das estratégias de comunicação. Esta importância é ainda maior se considerarmos que cada visita a um museu de ciências pode ser a primeira ou a única na vida de um visitante. Assim, é de suma importância o modo com as informações e o conhecimento serão



transmitidos ao visitante. A comunicação visual, a arquitetura, a disposição das informações e dos objetos museais são parte de um complexo sistema que tem como objetivo maximizar as chances do indivíduo aprender em um espaço de tempo determinado.

Como forma de tornar a visita mais dinâmica e proveitosa, entra em cena o trabalho do mediador. De acordo com MARANDINO (2008):

“O mediador deve, ao planejar suas ações e ao realizar a mediação com o público, considerar que este não deve ser exposto a longos períodos de exposição oral, não deve ser submetido à leitura de textos imensos, mas deve, sim, saber se localizar, se sentir à vontade para interagir, podendo dialogar com seus pares e com o mediador.”

Nas visitas escolares, a ênfase do educador deve ser dada ao processo dentro dos museus de ciências, pois não se sabe qual o interesse do público, caso este não tenha conhecimento prévio do local. Por isso, é importante que os museus de ciências e o mediador tenham a visita planejada de antemão. É interessante que exista um diálogo entre o professor e os museus de ciências a fim de azeitar os mecanismos da visita para um maior proveito por parte dos alunos.

A educação em museus de ciências é, portanto, um tema amplo, que abarca desde visitas individuais até visitas em grupos espontâneos e grupos escolares. Cada um destes cenários possui suas próprias peculiaridades e especificidades que devem ser encaradas pelo museu de forma aberta para proporcionar ao público, por mais diversos que seja, mecanismos para uma aprendizagem divertida e proveitosa.

### **2.3 O objeto museal do Museu de Ciências**

A concepção do que seja o objeto museal dos museus de ciências é adotada pelo conceito tradicional que o caracteriza como parte de uma coleção, itens com valores históricos e culturais (NASCIMENTO, 1994). A Ética de Aquisições do Conselho Internacional de Museus (ICOM) de 1993 enuncia que um objeto museal deve ser condizente com as seguintes categorias:

- a) Objetos reconhecidos pela ciência ou pela comunidade na qual possuem plena significação cultural, tendo uma qualidade única e como tal sendo inestimável;
- b) Os objetos que embora não sendo necessariamente raros tenham um valor que derive de seu meio ambiente cultural e natural.

Se o objeto museal dos museus de ciências é produto da relação do homem com a natureza e a cultura, esses objetos quando colocados como peça de um museu, onde se contam, relatam, expõem histórias, fatos, curiosidades, fenômenos que faz com que o homem seja favorável a ir em busca do conhecimento com maior incentivo (NASCIMENTO, 1994). No início, o acesso aos locais onde os objetos eram restritos a um determinado grupo de pessoas, que construíram os abrigos destinados as peças que eram encontradas e eram feitas pesquisas investigativas para incluí-las como parte da coleção. Com o tempo, obteve-se a oportunidade de ter acesso a todas a informações que antes eram limitas devido aos mais variados motivos.

Em vista disso, podemos verificar que o objeto museal dos museus de ciências passa a ser também uma ferramenta de transmissão de conhecimento, que vem cada vez mais exigindo pesquisas para desenvolver técnicas em prol do desenvolvimento tecnológico. No entanto, seu papel não é de exclusividade na transmissão do conhecimento. O objeto museal dos museus de ciências é um fator importante para esta transmissão, aliado à interação entre o público de forma dialética, ao ambiente, e aos outros elementos presentes nos museus de ciências (CHINELLI e AGUIAR, 2009).

Assim sendo, o papel do objeto nos museus de ciências é o de integrar um ambiente de ensino possibilitando ao visitante que haja um ganho de conhecimento enquanto ele usufrui daquele espaço. O objeto torna-se parte de um todo composto por elementos de divulgação científica como textos auxiliares, peças de comunicação visual, etiquetas, etc. (CAZELLI, MARANDINO e STUDART, 2003).

Como consequência, o estímulo que o público tem ao visitar os museus de ciências aumenta gradativamente, dando destaque as formas não formais de

educação em ciência, estimulando mais pesquisas na educação científica e de inovação tecnológica.

Nesse cenário, viemos com a proposta de inserção de um objeto museal nos museus de ciências, o Poço Infinito, que possua as características necessárias para atrair o interesse do público e contribuir como forma de auxílio em análise e discussões dos conceitos do fenômeno óptico que ele apresenta. O Poço em si tem como objetivo ser um objeto museal disponíveis no DICA de forma que sua inserção no ambiente do museu possa tornar o ganho de conhecimento sobre óptica ainda mais proveitoso e divertido por parte do visitante.

### **3 O Museu DICA – Diversão com Ciência e Arte**

O Museu DICA – Diversão com Ciência e Arte, é um museu de ciências vinculado ao Instituto de Física da Universidade Federal de Uberlândia. Dirigido pela Professora Dra. Silvia Martins, o DICA atua como uma ponte entre o meio acadêmico e a população de Uberlândia e região, promovendo a divulgação científica através de vários canais e espaços de ensino, aprendizagem, lazer e cultura.

Fundado em 2006, o DICA vem crescendo ano a ano. O Museu conta com instalações no Parque Municipal da Gávea onde estão disponíveis ao público diversas exposições científico-culturais, como a Trilha do Sistema Solar (uma trilha de 1,5 km de extensão com esculturas dos planetas do Sistema Solar em escalas de tamanho e distância), a Praça da Tabela Periódica (uma praça com uma tabela periódica formada por arquibancadas, brinquedos e plataformas onde os visitantes podem brincar e conhecer um pouco mais dos elementos químicos) além de várias exposições fixas e temporárias.

Durante a maior parte de sua existência, o Museu DICA foi sediado no bloco 3E do Campus Santa Mônica da Universidade Federal de Uberlândia. Neste espaço, uma exposição interativa de física estava disponível para visitação contando com diversos brinquedos e objetos de divulgação científica onde o visitante poderia interagir com os experimentos, se divertir e aprender física de maneira não-formal. Durante a mudança das instalações do museu, parte deste acervo foi transferida para o Parque da Gávea enquanto outra parte ficou reservada para itinerância, sendo utilizada em eventos externos que o DICA organiza ou é convidado a participar (figura 3).

Figura 3 - Fotos do Museu DICA



Além das exposições, o Museu DICA tem um papel importante na divulgação da ciência na região. Várias atividades externas são realizadas pelo museu, como exibição de filmes, observações com telescópio, cursos e mini-cursos abertos à população e cursos de formação continuada de professores da cidade de Uberlândia e de seus entornos. Dentre essas atividades, o Museu Dica organiza dois eventos anuais de popularização da ciência: Brincando e Aprendendo (figura 4) e o Ciência Viva.

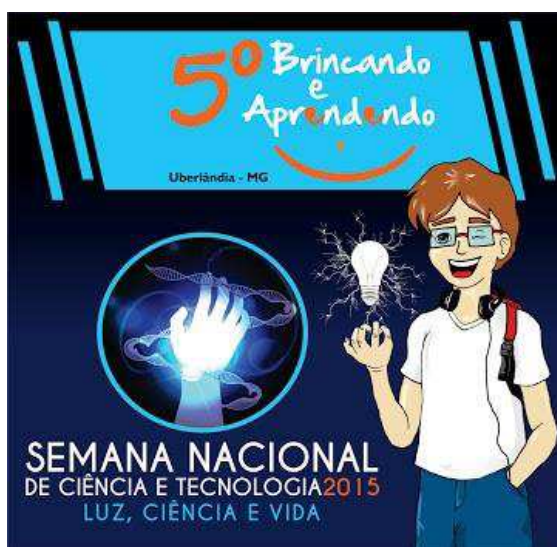
Esses dois eventos são realizados, ambos são parte da Semana Nacional de Ciência e Tecnologia que é coordenada na cidade de Uberlândia pelo próprio Museu DICA., em conjunto com a Prefeitura Municipal de Uberlândia e outros órgãos e instituições de ensino da cidade.

O Brincando e Aprendendo é uma exposição de ciências onde diversos órgãos, laboratórios, redes e grupos de ensino se unem para dispor ao público atividades interativas de divulgação científica em um único espaço, realizado na cidade de Uberlândia – MG desde o ano de 2010 numa parceria entre o Museu DICA, a Universidade Federal de Uberlândia, a Prefeitura Municipal de Uberlândia e mais recentemente o Instituto Federal do Triângulo Mineiro.

Durante o evento, diversos estandes são montados, contendo atividades de ensino e aprendizagem com foco na educação não-formal e informal. Diversos assuntos são abordados no Brincando e Aprendendo, como por exemplo, atividades de astronomia, jogos matemáticos, genética, nutrição, dentre outros.

O Museu DICA é parte importante do evento desde sua organização até sua divulgação. Além disso, o DICA leva parte do seu acervo para o evento, além de estar presente em outros estandes com atividades oferecidas por monitores e ex-monitores do museu.

Figura 4 - Cartaz do Brincando e Aprendendo de 2015.



O Ciência Viva é uma feira de ciências onde alunos das escolas de Uberlândia e região expõem seus trabalhos sobre um determinado tema, que varia ano a ano. Os trabalhos expostos na feira são selecionados através de processos internos nas próprias escolas e apresentados no Ciência Viva em categorias baseadas no nível de escolaridade dos inscritos. Os melhores trabalhos recebem premiações que incluem bolsas de pesquisa na Universidade Federal de Uberlândia, viagens para apresentação em outros eventos estaduais e nacionais dentre outros brindes e premiações. A

Ainda no âmbito da divulgação científica na região de Uberlândia, o Museu DICA participou, em 2017, do evento “SBPC Vai à Escola”, realizado pela Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência. Este é um evento que visa

estimular a interação entre cientistas e estudantes através de atividades e palestras realizadas dentro das escolas. O evento realizado em Uberlândia contou com a participação de diversos pesquisadores das áreas da biologia, paleontologia e física, além de ter levado para os estudantes da região oficinas, palestras e objetos museais do Museu DICA, do Museu de Minerais e Rochas e do Laboratório de Paleontologia do Instituto de Biologia da UFU. Como convidados, haviam pesquisadores da própria Universidade Federal de Uberlândia, da Universidade de São Paulo e da Universidade Federal de Santa Catarina. Além de toda importância que o SBPC Vai à Escola apresentou para a divulgação científica na região do Triângulo Mineiro, o evento serviu como um piloto para o lançamento do projeto “DICA Itinerante”, uma ação do Museu DICA onde a experimentação com os artefatos do museu é levada a diversos pontos da região como escolas, praças e parques, sendo o Poço Infinito um dos objetos inseridos nesse contexto.

## **4 Poço Infinito: conteúdo e proposta de construção**

A proposta da construção do Poço Infinito se deu como a busca de uma adaptação dos conceitos de óptica geométrica para a confecção de um artefato interativo. Desta forma, este artefato busca mediar a relação dos visitantes com os conceitos de óptica apresentados no museu. Neste cenário, o trabalho desenvolvido se apresenta em duas partes:

- Organização dos conteúdos científicos e construção do artefato.
- Apresentação do Poço Infinito em eventos promovidos pelo Museu DICA buscando perceber in loco as relações entre o artefato e o público.

### **4.1 A física no Poço Infinito**

A luz é indispensável para que os vegetais realizem fotossíntese. Quando a radiação luminosa atinge uma molécula de clorofila, parte de sua energia é transferida para ela. Além das funções dos vegetais, a luz é fundamental para que possamos ver objetos em suas formas e cores (PARANÁ, 1998). É através da luz que percebemos os objetos, seja essa luz provinda diretamente de um emissor de luz ou refletida em outro objeto antes de chegar aos nossos olhos.

A reflexão da luz nos objetos onde esta não é emitida é que permite ao homem ser um animal tão dependente da visão. Sem a reflexão da luz seria impossível enxergar os objetos da forma como o fazemos. O fato de que a superfície dos corpos seja rugosa e não uniforme faz com que a luz incidente nestes objetos seja refletida de forma difusa, podendo ser percebida em todo seu entorno. A importância desse fato é ressaltada por Máximo e Alvarenga (2006, pág. 199):

“A maioria dos corpos reflete difusamente a luz que incide sobre eles. Assim, esta folha de papel, uma parede, um móvel de uma sala etc. são objetos que difundem a luz que recebem, espalhando-a em todas as direções. Quando esta luz penetra em nossos olhos, nós enxergamos o objeto. Se ele não difundisse a luz, não seria possível vê-lo. Como, na difusão, a luz se espalha em todas as direções,



várias pessoas podem enxergar um objeto, apesar de situadas em posições diferentes em torno dele”.

Para analisar a luz de forma matemática, o método mais utilizado na educação básica é a óptica geométrica, o ramo da física que estuda os fenômenos luminosos por um viés “corpuscular”, ou seja, tratando os raios de luz como um “feixe de partículas” que obedece às leis matemáticas da mesma forma que objetos sólidos (MÁXIMO; ALVARENGA, 2006). O conceito do raio de luz é básico para a compreensão dos fenômenos óticos e para este trabalho em especial, a reflexão da luz sob a perspectiva da óptica geométrica é particularmente importante. Nesta abordagem, a reflexão se dá quando um feixe de luz incide sobre uma superfície e é redirecionado ao meio de origem através da reflexão dos raios de luz incidentes. As superfícies que refletem a totalidade dos raios incidentes são denominadas espelhos (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016).

Nesse contexto, os espelhos são conhecidos desde a mais remota Antiguidade. Entre os egípcios, gregos e etruscos, eram um disco de metal (de ouro, prata, bronze ou estanho), com uma face polida e a outra ricamente esculpida. Os espelhos mais antigos hoje conhecidos datam de 400 a.C. (figura 5). A partir do século XIII, empregaram-se fragmentos de cristal de rocha, montados em uma placa de chumbo ou de prata e contornados por molduras trabalhadas, ou protegidos por uma tampa.

Figura 5 - Espelho da antiguidade



Foi na cidade de Veneza que surgiram os primeiros espelhos (PARANÁ, 1998). Veneza se tornou o grande centro de exportação de espelhos, extremamente puros e com grande poder de reflexão. O vidro era aplicado sobre uma placa de zinco recoberta com mercúrio (figura 6) que produzia um artefato com alto poder de reflexão.

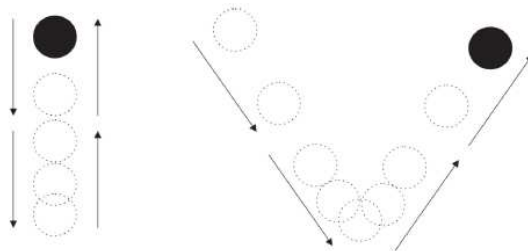
Figura 6 - Espelho veneziano



Após a revolução industrial, a fabricação de espelhos de qualidade se tornou mais prática e seu uso foi disseminado.

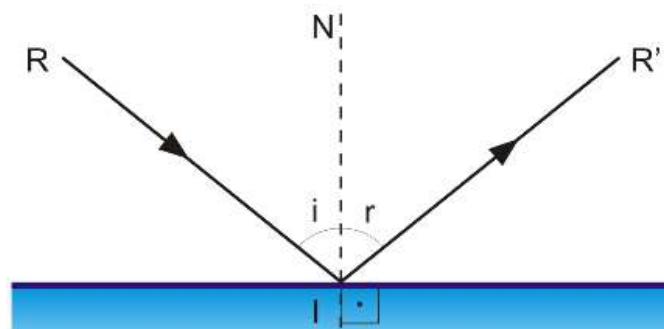
O fascínio causado pelos espelhos é decorrente da forma como ele se comporta na presença de luz. Fazendo uma analogia à mecânica, podemos comparar a reflexão de um feixe de luz em um espelho plano com o choque entre uma bola e uma superfície (figura 7). Quando arremessamos verticalmente uma bola de borracha contra o chão plano, observamos que ela retorna na mesma direção e em sentido contrário ao do arremesso. Se este formar com a vertical um ângulo qualquer, a bola retornaria numa direção que forma com a vertical um ângulo igual ao arremesso. (PARANÁ, 1998)

Figura 7 - Esquema simulando o choque entre uma bola e uma superfície plana.



Se substituirmos a bola de borracha (figura 7) por um feixe de luz e o chão plano por uma superfície polida refletora, observamos situações semelhantes. A luz que incide verticalmente na superfície retorna ao meio de origem na mesma direção e sentido contrário ao da incidência e, quando a luz incidente forma com o espelho um ângulo qualquer, sua reflexão forma um ângulo igual ao de incidência e no mesmo plano de incidência. O raio incidente ( $R$ ), o raio refletido ( $R'$ ) e a normal ( $N$ ) à superfície de incidência estão no mesmo plano, conforme podemos ver na figura 8.

Figura 8 - Esquema representando a reflexão de um raio de luz.



O raio de luz incidente no espelho fazendo um ângulo  $i$  com a normal é refletido com um ângulo  $r = i$ , de forma análoga à bola lançada contra a superfície plana na figura 7.

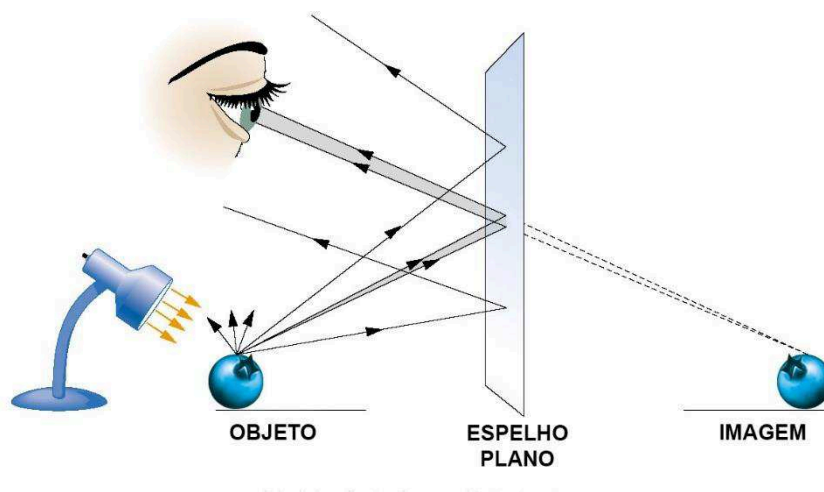
Os objetos são visíveis assim por conta da luz que eles emitem ou refletem. Esses objetos podem ser classificados a fins de estudo como pontuais ou extensos, de acordo com suas dimensões ou com sua distância ao observador. Uma estrela

por exemplo é um corpo extenso que por conta da distância até a superfície terrestre é percebida como um objeto pontual.

Sobre a reflexão da luz de um objeto pontual em um espelho plano, Paraná (1998) a imagem do objeto se forma onde se cruzam os prolongamentos dos raios de luz refletidos. Para o observador, é como se a imagem refletida estivesse colocada atrás do espelho. Na verdade, o que se vê é a imagem virtual do objeto. Através de uma análise geométrica utilizando os raios de luz emitidos pelo objeto e refletidos pelo espelho, podemos notar que a imagem e o objeto são simétricos, apenas para espelhos planos.

A reflexão de objetos extensos no espelho é análoga à dos objetos pontuais. Isso ocorre pois podemos tratar qualquer objeto extenso como um conjunto de objetos pontuais e as leis da reflexão são aplicadas da mesma forma. A imagem de objetos extensos produzidas em um espelho plano será então simétrica em relação ao espelho, como mostrado na figura 9.

Figura 9 - Esquema ilustrando a visualização de um objeto com sua imagem refletida por um espelho plano.

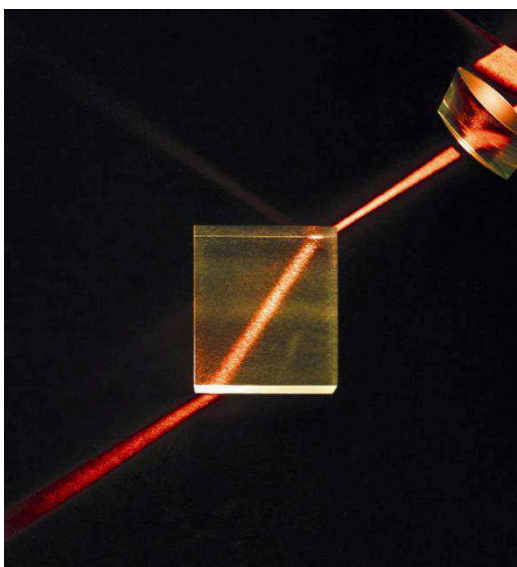


O estudo dos espelhos planos foi crucial para a construção do Poço infinito. Além desses espelhos, outra categoria de objeto refletor foi utilizada na montagem do Poço: o espelho semi-refletor. Trata-se de uma superfície de vidro revestida por um material semi-transparente e semi-reflexivo. Assim, parte da luz que é recebida

por esse “semi-espelho” é refletida para o meio e a outra parte sofre refração e atravessa o vidro.

A refração da luz é um fenômeno que ocorre quando a luz tem sua velocidade de propagação alterada devido à passagem de um meio de propagação para outro (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2016). A diferença na velocidade de propagação da luz nestes meios causa um desvio na sua trajetória que pode ser percebido pelo observador, como ilustrado na figura 10:

Figura 10 - Um feixe de luz viajando através do ar incide em um objeto de vidro transparente e depois retorna ao ar. A diferença na velocidade de propagação da luz no ar e no vidro causa um desvio na trajetória do feixe.



O uso de vidros semi-reflexivos é comum atualmente. A janela de uma sala de depoimento, tão vista em filmes policiais é um exemplo deste tipo de vidro. Essas janelas são quase que completamente reflexivas, porém permitem a passagem de uma certa quantidade de luz que possibilita ao policial observar os suspeitos que estão do outro lado sem ser visto(figura 11).

Figura 11 - Em um episódio da comédia "Mr. Bean", o personagem se vê de frente a um vidro semi-refletor de uma sala de interrogatório, sem perceber que do outro lado do vidro existem pessoas o observando.



A associação entre espelhos e superfícies semi-reflexivas dá ao Poço Infinito a sensação de profundidade que ele causa ao observador. A luz emitida pelas lâmpadas do artefato sofre sucessivas reflexões no interior do brinquedo. Os feixes que escapam pelo vidro semi-transparente são recebidos pelo observador de forma que, para ele, a sensação é de que o Poço é muito mais profundo do que na realidade é, como pode ser visto na figura 2 no início deste trabalho.

O semi-espelho do conjunto deixa cerca de 50% da luz incidida. Desta forma, cada vez que o feixe de luz emitido pela lâmpada encontra o semi-espelho, “metade” de sua luminosidade escapa para o observador enquanto a outra metade retorna para o interior do tubo, sendo refletida pelo espelho na base do conjunto. Como as duas superfícies estão dispostas paralelamente uma à outra, esse efeito pode se repetir, causando uma sensação de profundidade.

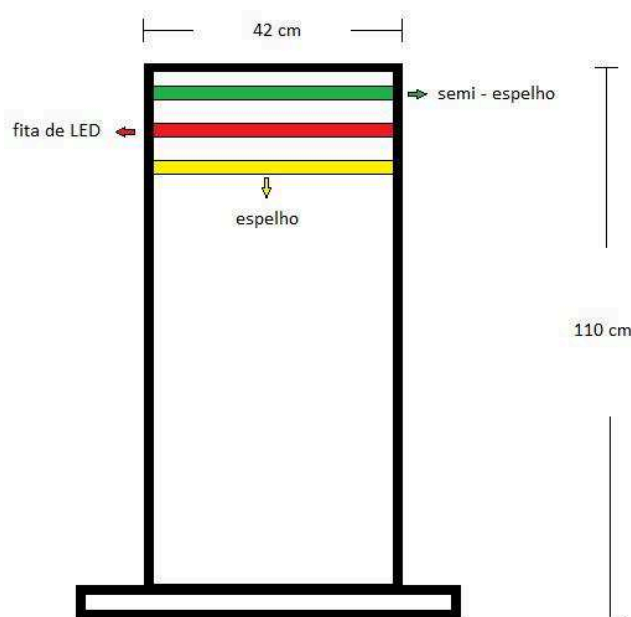
Além disso, a cada reflexão o raio de luz perde intensidade, fazendo com que cada vez menos luz escape pelo semi-espelho (tomando como base um raio de luz individual). Essa diminuição da intensidade da luz refletida contribui para que o expectador tenha a sensação de profundidade, uma vez que o cérebro interpreta esse fato como se a luz tivesse uma intensidade menor à medida que a distância da lâmpada aumenta.

#### **4.2 A Construção do Artefato**

A partir das visitas aos museus de ciências e da vontade de contribuir com o DICA, surgiu a ideia de construir um Poço Infinito que pudesse atender à demanda deste museu por equipamentos de ensino de física. Após uma análise de viabilidade de diversos materiais e métodos de construção, optamos por construir um artefato com materiais mais resistentes que aguentasse o dia-a-dia das visitas e pudesse ser usado em alguns eventos itinerantes. Estudamos a possibilidade de confeccionar o poço de forma que o usuário pudesse se colocar em cima do brinquedo, porém os custos envolvendo os materiais se tornaram proibitivos. Feita essa análise de viabilidade, optamos por um artefato de metal em forma de cilindro.

O tubo foi moldado a partir de uma chapa de aço e após a solda o cilindro possuía 40 cm de diâmetro, 90 cm de altura e uma base com 45 cm<sup>2</sup> de área e arestas arredondadas como medida de segurança. Um esquema da montagem do equipamento pode ser visto na figura 12:

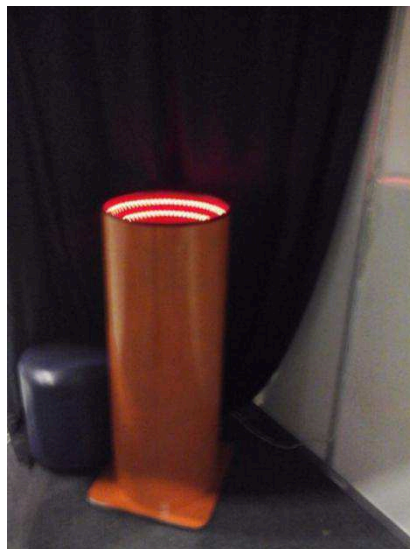
Figura 12 - Esquema de construção do Poço Infinito



Na parte superior do tubo foi instalado o conjunto que causa a ilusão de óptica, contando com o espelho, a fita de LEDs e semi-espelho. Esse conjunto foi fixado ao tubo através de um suporte soldado no interior do artefato. Para finalizar, um acabamento siliconado foi feito ao redor do semi-espelho para que nenhuma

luz escapasse pela pequena fresta restante entre ele e a parede do cilindro. A parte exterior do brinquedo, como visto pelos visitantes, está mostrada na figura 13:

Figura 13 - O Poço Infinito finalizado.



Esse protótipo foi preparado para participar do evento Brincando e Aprendendo em 2015, onde a equipe buscou compreender suas relações com o público e verificar a necessidade de adaptações.



## 5 Brincando e Aprendendo 2015

### 5.1 A apresentação no Brincando e Aprendendo

O Brincando e Aprendendo do ano de 2015 aconteceu na Arena Sabiazinho na cidade de Uberlândia. O evento foi parte integrada da 12ª Semana Nacional de Ciência e Tecnologia que tinha, nesse ano, o tema “Luz, Ciência e Vida” e ocorreu nos dias 5, 6 e 7 de novembro.

Para a realização das atividades, foram montados estandes de 25 m<sup>2</sup> distribuídos pelo ginásio, como pode ser visto na figura 14:

Figura 14 - Disposição dos estandes para o Brincando e Aprendendo de 2015.



O público principal deste evento era composto por estudantes do ensino fundamental e médio de escolas das redes municipais e estaduais, além de algumas instituições federais e privadas. O evento também foi aberto a toda população que pôde se divertir, interagir e ainda aprender sobre ciência com os jogos, brincadeiras e atividades propostas pelos organizadores.

A organização do Brincando e Aprendendo ficou a cargo do DICA e o espaço foi cedido pela Prefeitura Municipal de Uberlândia. O Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM) também foi parceiro na organização do evento. Foram oferecidos ônibus para as escolas públicas que se inscreveram previamente fazendo com que

a maior parte do público presente fosse composto por estudantes da rede pública de ensino.

Durante os dois primeiros dias do evento, 8 ônibus com 40 lugares em média chegavam ao evento a cada turno trazendo alunos e professores. Desta forma, a cada turno ao menos 240 pessoas estavam presentes no Brincando e Aprendendo. Os monitores responsáveis pela organização distribuíam esses visitantes em grupos de até 20 pessoas que circulavam pelos estandes de forma sequencial. Assim, todas as atividades foram visitadas por grupos grandes, além dos visitantes espontâneos que visitaram o evento por conta própria.

Foi um grande desafio receber um número tão grande de visitantes em sequência. Como o Poço Infinito era um equipamento relativamente pequeno, a ilusão de óptica que ele causa não pode ser vista a uma distância grande, o que fez com que fosse necessária uma dinâmica de utilização do brinquedo. Organizamos filas para atender melhor os presentes de forma que todos pudessem apreciar o efeito por alguns instantes e tirar suas dúvidas com os monitores da atividade.

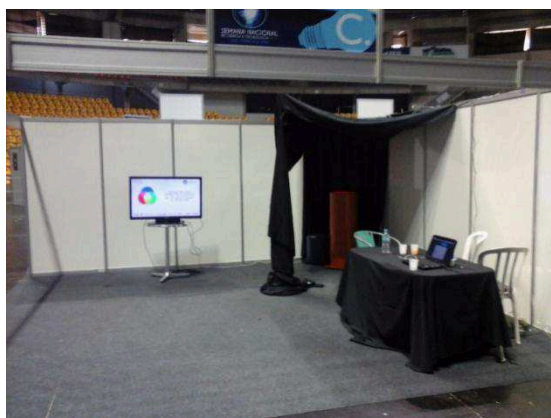
Várias crianças que compareceram ao evento tinham pouca estatura devido à idade. Assim, tivemos que improvisar plataformas para que os menores pudessem utilizar o Poço Infinito sem prejuízos. Esta medida funcionou bem, porém visualizar esta dificuldade foi crucial para que a iniciativa de reduzir a altura do equipamento fosse tomada.

O estande onde ocorreu a mostra do Poço Infinito não possuía um teto que bloqueasse a luz intensa do ginásio. Este detalhe se mostrou um problema pois a luz ambiente provocava um reflexo intenso no semi-espelho do brinquedo, o que dificultava muito a visão do efeito desejado. Para contornar este fato, foi improvisada uma cobertura de tecido sobre o artefato, que gerou uma melhora significativa na utilização do mesmo. Junto ao poço, foi exposta uma série de informações sobre o artefato e sobre a física envolvida na atividade, conceitos relacionados à luz e à óptica geométrica a fim de dar ao visitante um contexto melhor sobre a ilusão de óptica que o mesmo visualizava durante o manuseio do equipamento.

Figura 15 - O forro de tecido improvisado sobre o Poço Infinito.



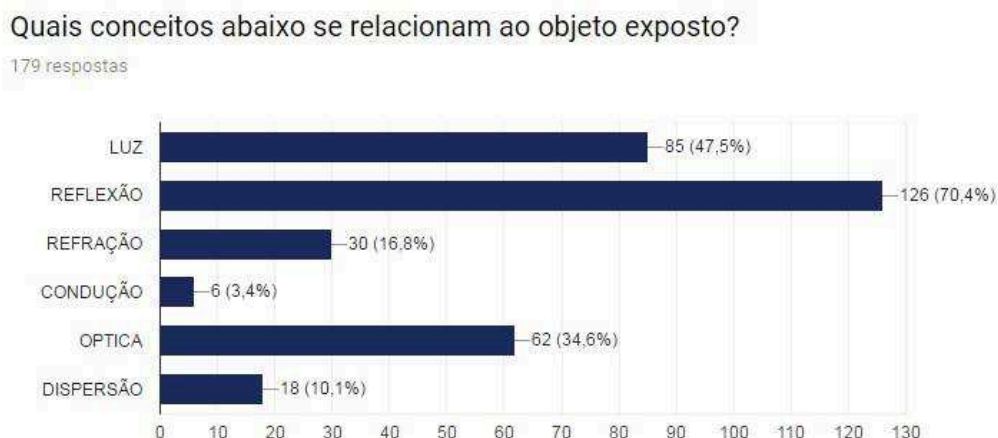
Figura 16 - A montagem final do estande na atividade para o Brincando e Aprendendo.



Posicionamos alguns computadores para que os visitantes respondessem algumas perguntas, no intuito de compreender como o público se relaciona com o objeto e os conceitos por ele elaborados através de um questionário de múltipla escolha com algumas questões sobre a consideração, o grau de curiosidade que a atividade conseguiu despertar e os conceitos que poderiam ser aprendidos com a mostra do objeto. Através de um questionário realizado com alguns visitantes, pudemos analisar a aceitação do público, a compreensão dos conceitos e o estímulo à curiosidade que o Poço Infinito causou.

Enquanto a atividade era realizada, alguns visitantes responderam ao questionário formulado para avaliar o alcance da atividade. Obtivemos 179 respostas e com elas buscamos entender se a interação com o artefato permitiu ao público compreender os conceitos físicos que estavam presentes, considerando que durante a interação houve uma mediação da atividade pelo monitor. Assim, a pergunta “Quais conceitos abaixo se relacionam ao objeto exposto?” foi feita aos visitantes e, como observado na figura 17, a maior parte dos que responderam o questionário relacionou os conceitos pertinentes. Deste modo, consideramos que o objeto, acompanhado da mediação, cumpre seu papel na questão de promover o conhecimento sobre os fenômenos abordados.

Figura 17 - Gráfico de resultados para a pergunta "Quais os conceitos abaixo se relacionam ao objeto exposto?".



Além disso, quando perguntados sobre o interesse pela óptica, 56% dos visitantes disseram ter um grande interesse. Esse número pode indicar que os visitantes já tenham uma noção do que esperar ao ver o objeto e/ou de que a utilização do Poço Infinito despertou neles uma curiosidade maior sobre o tema em questão.

Conversando com os visitantes de forma mais informal, pudemos notar que poucos tinham algum conhecimento matemático da óptica geométrica. Isto se deve ao fato de que a maior parte do público do evento era formada por alunos do ensino fundamental que ainda não tiveram contato com este ramo da física. No entanto,

vários estudantes procuraram os monitores para saber mais sobre o fenômeno ocorrido, alguns até mostrando interesse pela geometria e pela matemática envolvidas. Isto nos mostrou o potencial que o brinquedo tem para gerar nos visitantes essa vontade de aprender.

Figura 18 - Gráfico relacionado à questão “O efeito físico foi uma novidade?”



Podemos observar na figura 18 que a maior parte dos visitantes do estande julgou que o efeito físico visto no Poço Infinito foi uma novidade para eles. Como a maior parte dos estudantes vinha de séries iniciais do ensino fundamental, era natural que conceitos de óptica ainda não tivessem sido abordados com esses indivíduos em sala de aula. Assim, efeitos de reflexão e refração da forma como foram mostrados no brinquedo foram novidade para grande parte do público. Observamos que poucas pessoas tiveram grande dificuldade de entender o efeito físico que ocorre no Poço infinito, apesar de que a maioria dos visitantes consideraram os efeitos vistos no brinquedo como uma novidade.

Reconhecemos que o interesse pelos conceitos envolvidos no fenômeno causados pelo Poço Infinito é bastante alto fazendo com que o ganho de conhecimento por parte do público em geral fosse aparentemente satisfatório. Além disso, pudemos ver na prática o encantamento que o efeito óptico causava no público e como os visitantes ficavam chocados e maravilhados com o efeito que o brinquedo mostrava.

Considerando a apresentação no Brincando e Aprendendo, conseguimos levantar vários aspectos do Poço Infinito que deveriam ser alterados, pois foram frustrantes para o visitante. O tamanho do tubo, a iluminação do local e a posição do brinquedo em um local mais acessível foram tópicos levantados durante o evento que poderiam ser melhor trabalhados para que houvesse um aproveitamento melhor por parte do visitante. Além disso, o Poço Infinito é visto pelo visitante quase como um objeto museal clássico, pois ele permite pouca interação e é baseado na contemplação visual. Por conta disso, vimos que muitos visitantes se sentiam um pouco frustrados pois o Brincando e Aprendendo contava com inúmeras atividades interativas de divulgação científica, o que tornava as atividades com menor grau de interatividade menos interessantes, apesar da beleza e do espanto causados pela visualização do efeito no Poço.

Com base nas observações realizadas nesta apresentação, pudemos concluir que o artefato necessitava de mudanças estruturais para ser melhor aproveitado pelos visitantes. Crianças menores tinham dificuldades em visualizar o efeito por conta da altura do brinquedo, assim, decidimos diminuir a mesma para adequar a atividade a um público mais abrangente. Além disso, observamos que a presença de um monitor que pudesse instigar o visitante durante a utilização do Poço tornava a atividade mais divertida e interativa, de modo que passamos a tratar o artefato como um item que deve ser utilizado lado a lado com a monitoria.

## **5.2 Aprendendo com a Prática: a adequação do artefato**

A construção do Poço Infinito coincidiu com a preparação que o Museu DICA realiza para a Semana Nacional de Ciência e Tecnologia. Pensando nisso, disponibilizei o brinquedo como uma das atividades inscritas no Brincando e Aprendendo de 2015, de forma que o evento serviu como um teste para avaliar a aceitação e a logística de uso do Poço Infinito.

O Brincando e Aprendendo foi um grande desafio para a implantação do Poço como parte integrante do DICA. O alto número de visitantes colocou à prova a resistência do artefato que esteve sob uso contínuo por 10 horas durante os dois dias do evento. O público bastante eclético, composto em sua maioria por crianças vindas de grupos escolares funcionou como teste para a logística de uma visita

guiada com foco no brinquedo e logo no início da feira foi possível constatar alguns pontos que deveriam ser melhorados no futuro para a plena utilização do experimento.

Antes mesmo do início do evento, foi possível notar que o tamanho do brinquedo e os materiais dos quais ele foi feito o tornavam muito pesado e de manuseio pouco prático, fazendo com que o transporte para o local se tornasse um problema e tornando difícil manusear o equipamento sem danificá-lo. Durante o trajeto, devido à trepidação, a fita de LED sofreu uma pane que impediu a ligação das luzes. O espelho também foi danificado durante o transporte e o brinquedo precisou passar por reparos no local da exposição para que pudesse ser plenamente utilizado.

Durante o evento, ficou claro que a altura do objeto também tornava difícil o uso por crianças e pessoas de baixa estatura. Sem um apoio para subir e olhar o conjunto de cima para baixo, muito do efeito da reflexão se perdia e a ilusão de óptica ficava difícil de ser percebida. Utilizamos alguns bancos disponibilizados pela organização para que os visitantes de menor estatura pudessem aproveitar melhor o efeito do Poço e, utilizando os dados coletados durante o evento, realizamos uma série de mudanças estruturais no brinquedo para que ele se tornasse mais prático e acessível.

O primeiro passo foi diminuir a altura do cilindro. Como a maior parte do público do DICA é composta por alunos do ensino fundamental, era importante que o equipamento fosse de fácil utilização por esta categoria de visitantes. Assim, a altura do tubo foi reduzida de 90 para 30 centímetros através de um corte no cilindro (figura 19) que foi soldado novamente à base depois de cortado.

Figura 19 - Preparação para o corte do tubo de metal com o intuito de diminuir a altura total do Poço Infinito.



Após o corte, tanto a visualização do efeito desejado quanto o transporte do Poço ficaram mais fáceis e práticas. Para facilitar o trabalho de troca das partes de vidro do artefato em caso de quebra acidental, substituímos o revestimento de silicone por uma peça de tecido escuro que bloqueava a passagem de luz pelas extremidades do semi-espelho e poderia ser removida junto ao mesmo de forma rápida e pouco trabalhosa. Além disso, o anel de metal que prendia a fita de LEDs entre as partes de vidro foi substituído por um anel de madeira de menor diâmetro (figura 20, 21, 22 e 23), o que barateou o custo de uma eventual manutenção do brinquedo e deixou a ilusão de óptica mais acentuada no centro do conjunto espelho / semi-espelho.



Figura 20 - O anel de madeira do Poço Infinito onde foi fixada a fita de LEDs para iluminação.



Figura 21 - O equipamento em funcionamento ainda sem o vidro semi-reflexivo da cobertura.



Figura 22 - O conjunto óptico em funcionamento.



Figura 23 - Produto depois da realização de todas as alterações.



## **6 SBPC vai à Escola 2017: De volta ao público**

O segundo momento em que o artefato foi exposto ao público foi durante a participação no “SBPC Vai à escola”, um evento de divulgação científica organizado pela Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC). O evento foi realizado no Centro Municipal de Estudos e Projetos Educacionais (CEMEPE) e para esta ocasião o DICA levou parte do seu acervo que foi visitado por estudantes e professores.

Este evento foi crucial para a inserção do brinquedo no acervo do museu, pois foi o primeiro teste realizado após a readequação do brinquedo para a realidade do público médio do DICA. Como a maior parte do público que visita o museu é escolar, era importante adequar o Poço para esse público.

Assim, o SBPC Vai à Escola foi um teste de adequação. Com a ajuda dos monitores do Museu foi feita uma observação de como o Poço se adequava a uma visita no DICA, já que os objetos levados pelo museu foram dispostos de forma semelhante ao que o visitante encontra no referido museu. Os monitores avaliaram a logística da visita e contribuíram para o planejamento da inserção do brinquedo no acervo do museu, apontando possíveis melhorias no projeto e na forma como ele seria apresentado.

Realizamos uma entrevista com os monitores presentes no evento e através das respostas pudemos concluir que o público infantil seria o mais interessado pelo brinquedo. Os monitores relataram que os visitantes dessa faixa etária ficaram muito encantados com o brinquedo e nas palavras de um deles, as crianças “são bem expressivas; deu para perceber bem as reações delas. Ficam espantadas e às vezes ficam até com medo de chegar perto”. A reação do público mais velho foi um pouco menos impactante. Ainda de acordo com os monitores, em se tratando dos mais velhos a reação foi mais fria “talvez por uma questão de interação, pois os outros experimentos que estavam lá eram interativos e de certa forma o Poço Infinito é mais contemplativo”. Apesar da reação do público mais velho, de acordo com os entrevistados, “foi possível notar que estudantes demonstravam grande interesse e ficavam chocados com a “profundidade” que eles estavam vendo. Além

disso, o tumulto causado por eles acabava chamando a atenção dos demais e sempre juntava mais gente em volta. Foi muito louco”.

Para tornar a visita ao brinquedo mais significativa, foi apresentado na exposição um quadro informativo que pode ser visto na figura a seguir:

Figura 24 - Quadro informativo sobre o Poço Infinito ainda com o nome provisório.



O quadro (figura 24) serviu como um recurso didático complementar ao objeto museal. Nele haviam informações sobre o fenômeno visualizado, alguns conceitos relacionados a óptica geométrica e uma curiosidade relacionada ao tema. Os monitores consultados não acharam necessária a disposição de outros quadros similares, mas sugeriram mudanças na forma como os visitantes eram abordados para visitarem o artefato, talvez usando frases de efeito como “convidar os visitantes ‘para ver algo bem fundo’” ou “você conhece o fundo do poço?”, ou ainda “você sabia que temos um poço iluminado por aqui?”. Todas estas dicas foram passadas aos monitores do museu para que pudessem ser utilizadas nas visitas futuras.

A diferença entre o público presente no Brincando e Aprendendo, composto por estudantes e seus familiares, além de um público espontâneo heterogêneo e o SBPC Vai à Escola, onde o público era predominantemente formado por estudantes da educação básica, foi muito importante para traçarmos as últimas diretrizes para a utilização do artefato nas exposições futuras do DICA. Além disso, durante a segunda exposição do Poço Infinito pudemos notar que as adequações realizadas

após o Brincando e Aprendendo surtiram o efeitos esperado: com o artefato se tornando mais acessível, a quantidade de visitantes que se interessaram diretamente pelo Poço aumentou, de acordo com os monitores presentes no segundo evento (um grupo do qual eu não fazia parte durante esta exposição).

## 7 Considerações Finais

O Poço Infinito foi um artefato construído para integrar o acervo do Museu DICA. Assim, para perceber como ele interagiria com o público, realizamos a apresentação do artefato em dois eventos de divulgação científica ocorridos em momentos distintos.

O primeiro teste pós-construção se deu durante o 5º Brincando e Aprendendo. Este evento permitiu entender as relações entre o artefato e o público e a necessidade de adequação de alguns aspectos do Poço para um maior aproveitamento por parte dos visitantes durante as exposições. Percebemos que o brinquedo teria que apresentar algumas características básicas que ficaram ausentes após sua construção. O poço deveria ser leve e compacto para melhor manuseio e transporte. Deveria também ser de fácil montagem e manutenção, pois o uso contínuo e o modelo de itinerância no qual ele seria inserido desgastavam bastante os componentes que tendiam a quebrar periodicamente. Percebemos também que apesar de todas as dificuldades encontradas no manuseio do brinquedo em um primeiro momento, os visitantes gostaram bastante da atividade e de uma maneira geral a aceitação do público com o Poço Infinito foi extremamente positiva.

As alterações necessárias foram feitas, e através de uma consulta aos monitores do DICA pudemos avaliar melhor a reação do público com o objeto. Assim, adequamos as expectativas quanto à inserção do brinquedo no acervo do museu e criamos estratégias para deixar o público ainda mais curioso com o efeito mostrado no aparelho de forma que o mesmo causasse sentimentos mais extremos, como espanto e encantamento.

Pudemos perceber, de modo geral que o Poço Infinito pode ser um objeto museal que expressa um fenômeno simples, mas que contém conceitos que podem se tornar complexos a cada vez que aprofundarmos no tema. O ensino e aprendizagem da óptica geométrica pode ser aprimorado com a inserção do Poço Infinito como ferramenta didática, o que era nossa intenção com a construção deste trabalho.

Assim o Poço Infinito pôde ser inserido como parte da Exposição Itinerante, integrando a Mostra de Física do Museu DICA, seguindo como parte permanente do acervo do museu.



## 8 Referências Bibliográficas

ALLARD, Michel; BOUCHER, Suzanne; FOREST, Lina. THE MUSEUM AND THE SCHOOL. **Mcgill Journal of Education**, [S.L.], v. 29, n. 2, p.197-212, mar. 1994

ALVARENGA, Beatriz; MÁXIMO, Antônio. **Física: Ensino Médio**, Volume 2. São Paulo: Scipione, 2006. 400 p.

CAZELLI, S.; MARANDINO, M.; STUDART, D. (2003) Educação e Comunicação em Museus de Ciências: aspectos históricos, pesquisa e prática. In: GOUVÊA, G.; MARANDINO, M.; LEAL, M. C. (Org.). Educação e Museu: a construção social do caráter educativo dos museus de ciências. Editora Access/Faperj, Rio de Janeiro, p.83-106

CHINELLI, Maura Ventura; AGUIAR, Luiz Edmundo Vargas de. EXPERIMENTOS E CONTEXTOS NAS EXPOSIÇÕES INTERATIVAS DOS CENTROS E MUSEUS DE CIÊNCIAS. **Investigações em Ensino de Ciências**, [S.L.], v. 14, n. 3, p.377-392, dez. 2009.

DIERKING, L. D. Lessons without limit: how free-choice learning is transforming science and technology education. **História, Ciências, Saúde Manguinhos**, v. 12, (supplement), p.145-60, 2005

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física: Óptica e Física Moderna**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016. 836 p. Tradução e Revisão Técnica: Ronaldo Sérgio de Biasi.

MARANDINO, Martha. INTERFACES NA RELAÇÃO MUSEU-ESCOLA. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, [S.L.], v. 18, n. 1, p.85-100, abr. 2001.

MARANDINO, M. **Museus de Ciências como Espaços de Educação** In: Museus: dos Gabinetes de Curiosidades à Museologia Moderna. Belo Horizonte: Argumentum, 2005, p. 165-176.

MARANDINO, Martha et al. **Educação em museus: a mediação em foco**. São Paulo: Geenf / Feusp, 2008. 48 p.



NASCIMENTO, Rosana. O OBJETO MUSEAL COMO OBJETO DE CONHECIMENTO. **Cadernos de Museologia**, S.l., v. 3, n. 1, p.7-29, 1994.

PARANÁ, Djalma Nunes da Silva. **Física**: Termologia, Óptica, Ondulatória. 5. ed. São Paulo: Ática, 1998. 438 p.

SMITH, Mark K. **What is non-formal education?** 2001. Disponível em: <<http://infed.org/mobi/what-is-non-formal-education>>. Acesso em: 19 nov. 2017.

VALENTE, Maria Esther; CAZELLI, Sibeles; ALVES, Fátima. Museus, ciência e educação: novos desafios. **História, Ciências, Saúde: Manguinhos**, S.l., v. 12, suplemento, p.183-203, mar. 2005.